



⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Off nlegungsschrift**
⑩ **DE 199 46 066 A 1**

⑳ Aktenzeichen: 199 46 066.3
㉑ Anmeldetag: 25. 9. 1999
㉒ Offenlegungstag: 29. 3. 2001

⑥ Int. Cl.⁷:
C 01 G 45/00
C 01 G 51/00
C 01 G 53/00
H 01 M 4/48
C 01 D 15/02

DE 199 46 066 A 1

㉓ **Anmelder:**
Merck Patent GmbH, 64293 Darmstadt, DE

㉔ **Erfinder:**
Oesten, Rüdiger, Dr., 64331 Weiterstadt, DE; Heider,
Udo, Dr., 64560 Riedstadt, DE; Taubert, Ilona, 64319
Pfungstadt, DE; Kühner, Andreas, Dr., 64289
Darmstadt, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

- ⑤④ Beschichtete Lithium-Mischoxid-Partikel und deren Verwendung II
⑤⑦ Die Erfindung betrifft mit Polymer beschichtete Lithium-Mischoxid-Partikel zur Verbesserung der Eigenschaften elektrochemischer Zellen.

DE 199 46 066 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft beschichtete Lithium-Mischoxid-Partikel zur Verbesserung der Eigenschaften elektrochemischer Zellen, insbesondere bei erhöhten Temperaturen.

Der Bedarf an wiederaufladbaren Lithium-Batterien ist hoch und wird in Zukunft noch sehr viel stärker ansteigen. Die Gründe hierfür sind die hohe erzielbare Energiedichte und das geringe Gewicht dieser Batterien. Anwendung finden diese Batterien in Mobiltelefonen, tragbaren Videokameras, Laptops etc.

Der Einsatz von metallischem Lithium als Anodenmaterial führt bekanntermaßen wegen der Dendritenbildung beim Auflösen und Abscheiden des Lithiums zu einer ungenügenden Zyklenfestigkeit der Batterie und zu einem erheblichen Sicherheitsrisiko (interner Kurzschluß) (J. Power Sources, 54 (1995) 151).

Die Lösung dieser Probleme geschah durch Ersatz der Lithiummetall-Anode durch andere Verbindungen, die reversibel Lithiumionen interkalieren können. Das Funktionsprinzip der Lithium-Ionen-Batterie beruht darauf, daß sowohl die Kathoden- als auch die Anodenmaterialien Lithiumionen reversibel interkalieren können. D. h. beim Laden wandern die Lithiumionen aus der Kathode, diffundieren durch den Elektrolyten und werden in der Anode interkaliert. Beim Entladen läuft derselbe Prozeß in umgekehrter Richtung ab. Aufgrund dieser Funktionsweise werden diese Batterien auch "Rocking-chair" oder Lithium-Ionen-Batterien genannt.

Die resultierende Spannung einer solchen Zelle wird bestimmt durch die Lithium-Interkalationspotentiale der Elektroden. Um eine möglichst hohe Spannung zu erreichen, muß man Kathodenmaterialien, die Lithiumionen bei sehr hohen Potentialen und Anodenmaterialien, die Lithiumionen bei sehr niedrigen Potentialen (vs. Li/Li^+) interkalieren, verwenden. Kathodenmaterialien, die diesen Anforderungen genügen, sind LiCoO_2 und LiNiO_2 , welche eine Schichtstruktur aufweisen, und LiMn_2O_4 , welches eine kubische Raumnetzstruktur besitzt. Diese Verbindungen deinterkalieren Lithiumionen bei Potentialen um 4 V (vs. Li/Li^+). Bei den Anodenverbindungen erfüllen bestimmte Kohlenstoff-Verbindungen wie z. B. Graphit die Anforderung eines niedrigen Potentials und einer hohen Kapazität.

Anfang der neunziger Jahre brachte die Firma Sony eine Lithium-Ionen-Batterie auf den Markt, die aus einer Lithiumcobaltoxid-Kathode, einem nicht-wäßrigem flüssigen Elektrolyten und einer Kohlenstoff-Anode besteht (Progr. Batteries Solar Cells, 9 (1990) 20).

Für 4 V-Kathoden werden LiCoO_2 , LiNiO_2 und LiMn_2O_4 diskutiert und eingesetzt. Als Elektrolyt werden Mischungen verwendet, die neben einem Leitsalz noch aprotische Lösungsmittel enthalten. Die am häufigsten verwendeten Lösungsmittel sind Ethylencarbonat (EC), Propylencarbonat (PC), Dimethylcarbonat (DMC), Diethylcarbonat (DEC) und Ethylmethylcarbonat (EMC). Obwohl eine ganze Reihe von Leitsalzen diskutiert werden, wird fast ausnahmslos LiPF_6 verwendet. Als Anode dient in der Regel Graphit.

Ein Nachteil der state-of-art Batterien ist, daß die Hochtemperaturlagerfähigkeit und -zyklisierbarkeit schlecht ist. Die Gründe hierfür sind neben dem Elektrolyten die verwendeten Kathodenmaterialien, insbesondere der Lithium-Mangan-Spinell LiMn_2O_4 .

Der Lithium Mangan Spinell ist jedoch als Kathode ist für Gerätebatterien ein vielversprechendes Material. Der Vorteil gegenüber LiNiO_2 - und LiCoO_2 -basierten Kathoden ist die verbesserte Sicherheit im geladenen Zustand, die Ungiftigkeit und die geringeren Kosten der Rohmaterialien.

Nachteilig bei dem Spinell sind seine geringere Kapazität

und seine ungenügende Hochtemperaturlagerfähigkeit und damit verbunden schlechte Zyklenfestigkeit bei hohen Temperaturen. Als Grund hierfür wird die Löslichkeit des zweiwertigen Mangan im Elektrolyten angesehen (Solid State Ionics 69 (1994) 59; J. Power Sources 66 (1997) 129; J. Electrochem. Soc. 144 (1997) 2178). Im Spinell LiMn_2O_4 liegt das Mangan in zwei Oxidationsstufen vor, nämlich drei- und vierwertig. Der LiPF_6 -haltige Elektrolyt enthält immer auch Verunreinigungen von Wasser. Dieses Wasser reagiert mit dem Leitsalz LiPF_6 unter Bildung von LiF und sauren Komponenten, z. B. HF . Diese sauren Komponenten reagieren mit dem dreiwertigen Mangan im Spinell unter Bildung von Mn^{2+} und Mn^{4+} (Disproportionierung: $2\text{Mn}^{3+} \rightarrow \text{Mn}^{2+} + \text{Mn}^{4+}$). Diese Degradation findet auch schon bei Raumtemperatur statt, beschleunigt sich aber mit zunehmender Temperatur.

Eine Möglichkeit, die Stabilität des Spinells bei hohen Temperaturen zu erhöhen, besteht darin, ihn zu dotieren. Beispielsweise kann man einen Teil der Manganionen durch andere, beispielsweise dreiwertige, Metallkationen ersetzen. Antonini et al. berichten, daß Spinelle, die mit Gallium und Chrom dotiert sind (beispielsweise $\text{Li}_{1,02}\text{Ga}_{0,025}\text{Cr}_{0,025}\text{Mn}_{1,95}\text{O}_4$) bei 55°C eine befriedigende Lager- und Zyklenstabilität zeigen (J. Electrochem. Soc. 145 (1998) 2726).

Einen ähnlichen Weg beschreiten die Forscher von Bellcore Inc. Sie ersetzen einen Teil des Mangans durch Aluminium und zusätzlich einen Teil der Sauerstoffionen durch Fluoridionen ($(\text{Li}_{1-x}\text{Al}_x\text{Mn}_{2-x-y})\text{O}_{4-z}\text{F}_z$). Auch diese Dotierung führt zu einer Verbesserung der Zyklenstabilität bei 55°C (WO 9856057).

Ebenso wird der Einsatz geeigneter Bindermaterialien diskutiert. In US 5468571 wird ein Polyimid als Binder vorgeschlagen und in US 5888672 eine Batterie die amorphe thermoplastische Polyimide enthält.

Ein anderer Lösungsansatz besteht darin, die Oberfläche des Kathodenmaterials zu modifizieren, d. h. zu beschichten. Die Beschichtung kann sowohl mit anorganischen als auch organischen Materialien durchgeführt werden. Diese Beschichtung der Elektroden führt zur Verbesserung verschiedener Eigenschaften von Lithium Ionen Batterien.

Man kann die Kathodenpartikel beispielsweise mit einer Lithiumborat-Glas-Schicht überziehen (Solid State Ionics 104 (1997) 13). Hierfür wird ein Spinell in eine methanolische Lösung von H_3BO_3 , $\text{LiBO}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ und $\text{LiOH} \cdot \text{H}_2\text{O}$ gegeben und bei $50-80^\circ\text{C}$ gerührt, bis das Lösungsmittel vollständig verdampft ist. Anschließend wird das Pulver auf $600-800^\circ\text{C}$ erhitzt, um die Umsetzung in das Borat zu gewährleisten. Die Lagerfähigkeit bei hohen Temperaturen wird dadurch verbessert. Eine verbesserte Zyklenfestigkeit wurde jedoch nicht gefunden.

Man kann auch die Kathode und/oder Anode in der Weise beschichten, daß auf den Stromableiter das Aktivmaterial zusammen mit Binder und einem leitfähigen Material aufpastriert wird.

Anschließend wird eine Paste, bestehend aus dem Beschichtungsmaterial, Binder und/oder Lösungsmittel auf die Elektrode aufgebracht. Als Beschichtungsmaterialien werden anorganische und oder organische Materialien, die leitfähig sein können, benannt, z. B. Al_2O_3 , Nickel, Graphite, LiF , PVDF etc. Lithium-Ionen-Batterien, die solcherart beschichtete Elektroden enthalten, zeigen hohe Spannungen und Kapazitäten sowie eine verbesserte Sicherheitscharakteristik (EP 836238).

Bei der Beschichtung mit organischen Materialien werden häufig Polymere verwendet.

Beispielsweise wird in JP 07296847 die Kathode und/oder Anode mit Fluoropolymeren beschichtet. Die Be-

schichtung erfolgt in der Weise, daß die fertigen Elektroden in eine 1% Fluoropolymerlösung eingetaucht werden. Die in dieser Weise beschichteten Elektroden verhindern Kurzschlüsse in der Batterie und verbessern daher die Sicherheit.

In JP 08138649 werden die Kathoden teilweise mit einem elektrolytisch oxidiertem Film beschichtet. Der Film besteht aus einem Polymer, beispielsweise Polyanilin, Polypyrrol, Polythiophen und abgeleiteten Verbindungen.

In JP 08064203 werden die Elektroden mit einem leitfähigem Polymer beschichtet, beispielsweise Polyanilin. In JP 08148183 werden die Elektrodenbänder ebenfalls mit einem leitfähigen Polymer überzogen.

In EP 517070 werden die Kathoden mit einem leitfähigem Polymer, beispielsweise Polyacetylen, Polyanilin oder Polypyrrol dotiert mit X-Anionen, beschichtet.

Aber es wird nicht nur mit Polymeren beschichtet. Beispielsweise wird in US 5869208 eine Elektrodenpaste (Kathodenmaterial: Lithium Mangan Spinell) hergestellt und auf den Stromableiter aufgebracht. Dann wird die Schutzschicht, bestehend aus einem Metalloxid und Binder, auf die Elektrode aufpastiert. Verwendete Metalloxide sind beispielsweise Aluminiumoxid, Titanoxid und Zirkonoxid.

In JP 08250120 erfolgt die Beschichtung mit Sulfiden, Seleniden und Telluriden zur Verbesserung der Zyklen-Performance und in JP 08264183 mit Fluoriden zur Verbesserung der Zyklenlebensdauer.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, Elektrodenmaterialien zur Verfügung zu stellen, die die Nachteile des Standes der Technik nicht besitzen und bei hohen Temperaturen, insbesondere bei Temperaturen oberhalb der Raumtemperatur, verbesserte Lagerfähigkeit und Zyklenfestigkeit aufweisen.

Die erfindungsgemäße Aufgabe wird gelöst durch Lithium-Mischoxid Partikel, welche mit einem Polymer beschichtet sind.

Gegenstand der Erfindung ist auch ein Verfahren zur Beschichtung der Lithium-Mischoxid-Partikel und die Anwendung in elektrochemischen Zellen, Batterien, sekundären Lithiumbatterien und Superkondensatoren.

Die vorliegende Erfindung betrifft undotierte und dotierte Mischoxide als Kathodenmaterialien ausgewählt aus der Gruppe $\text{Li}(\text{MnMe}_2)_2\text{O}_4$, $\text{Li}(\text{CoMe}_2)_2\text{O}_2$, $\text{Li}(\text{Ni}_{1-x-y}\text{Co}_x\text{Me}_y)_2\text{O}_2$, wobei Me mindestens ein Metallkation aus den Gruppen IIa, IIIa, IVa, IIb, IVb, VIb, VIIb, VIII des Periodensystems bedeutet. Besonders geeignete Metallkationen sind Kupfer, Silber, Nickel, Magnesium, Zink, Aluminium, Eisen, Cobalt, Chrom, Titan und Zirkon, für die Spinell-Verbindungen auch Lithium. Ebenso betrifft die vorliegende Erfindung andere Lithium-Interkalations- und Insertions-Verbindungen die für 4 V-Kathoden geeignet sind mit verbesserten Hochtemperatureigenschaften, insbesondere bei Temperaturen oberhalb der Raumtemperatur, deren Herstellung und Verwendung, insbesondere als Kathodenmaterial in elektrochemischen Zellen.

In der vorliegenden Erfindung werden die Lithium-Mischoxid-Partikel, um eine verbesserte Lagerfähigkeit und Zyklierbarkeit insbesondere bei hohen Temperaturen (oberhalb der Raumtemperatur) zu erhalten, mit Polymeren beschichtet.

Als Polymere für die Beschichtung kommen Verbindungen in Frage, die mindestens eines der folgenden Kriterien erfüllt:

- Säure stabil
- elektrochemisch stabil
- polar
- möglichst basisch, zumindest neutral
- aprotisch.

Damit sind z. B. Polyimid, Polyanilin, Polypyrrol, Polythiophen, Polyacetylen, Polyacrylnitril, carbonisiertes Polyacrylnitril, Poly-p-phenylen, Polyphenylvinyl, Polyquinolin, Polyquinoxaline, Polyphtalocyaninsiloxan, Polyvinylidenfluorid, Polytetrafluorethylen, Polyethylmetacrylat, Polymethylmetacrylat, Polyamide, Copolymere mit Vinylethern, Cellulose, Polyfluorethylen, Polyvinylalkohol und Polyvinylpyridin sowie deren Derivate geeignete Polymere.

Es wurde gefunden, daß es durch die Beschichtung der Lithium-Mischoxid-Partikel zu einer deutlichen Verbesserung der Hochtemperaturzyklenstabilität der daraus gefertigten Kathoden kommt. Dies führt zur Reduzierung des Kapazitätsverlustes pro Zyklus des beschichteten Kathodenmaterials gegenüber unbeschichteten Kathodenmaterialien.

Desweiteren wurde gefunden, daß die Beschichtung der einzelnen Partikel gegenüber der Beschichtung der Elektrodenbänder einige Vorteile hat. Bei Beschädigung des Elektrodenmaterials kann bei den beschichteten Bändern der Elektrolyt einen großen Teil des aktiven Materials angreifen, während bei der Beschichtung der einzelnen Partikel diese unerwünschten Reaktionen stark lokalisiert bleiben.

Mit dem Beschichtungsverfahren werden Schichtdicken zwischen 0,01 μm und 50 μm erzielt. Bevorzugte Schichtdicken sind zwischen 0,05 μm und 3 μm . Die Lithium-Mischoxid Partikel können ein- oder mehrfach beschichtet werden.

Die beschichteten Lithium-Mischoxid-Partikel können mit den üblichen Träger- und Hilfsstoffen zu 3 V- und 4 V-Kathoden für elektrochemische Zellen wie Lithium-Ionen-Batterien und Superkondensatoren verarbeitet werden.

Aufgrund der Beschichtung der Materialien ist auch die Verbesserung der Sicherheitsaspekte zu erwarten.

Durch die Beschichtung des Kathodenmaterials mit organischen Materialien (Polymere), werden die unerwünschten Reaktionen des Elektrodenmaterials mit dem Elektrolyten stark gehemmt, und damit eine Verbesserung der Lagerfähigkeit und Zyklenfestigkeit bei höheren Temperaturen erreicht.

Nachfolgend wird ein allgemeines Beispiel der Erfindung erläutert.

Verfahren zur Beschichtung von Kathodenmaterialien

4 V-Kathodenmaterialien, insbesondere Materialien mit Schichtstruktur (z. B. $\text{Li}(\text{CoMe}_2)_2\text{O}_2$ oder $\text{Li}(\text{Ni}_{1-x-y}\text{Co}_x\text{Me}_y)_2\text{O}_2$) und Spinelle (z. B. $\text{Li}(\text{MnMe}_2)_2\text{O}_4$), werden in ein Gefäß gegeben, welches das in einem geeigneten Lösungsmittel gelöste Polymer enthält. Diese Suspension wird zwischen 1–10 Stunden bei Temperaturen von 10–100°C gerührt. Anschließend wird die Lösung entfernt und das Pulver bei Temperaturen von 60–200°C getrocknet.

Als Polymere sind geeignet: Polyimid, Polyanilin, Polypyrrol, Polythiophen, Polyacetylen, Polyacrylnitril, carbonisiertes Polyacrylnitril, Poly-p-phenylen, Polyphenylvinyl, Polyquinolin, Polyquinoxaline, Polyphtalocyaninsiloxan, Polyvinylidenfluorid, Polytetrafluorethylen, Polyethylmetacrylat, Polymethylmetacrylat, Polyamide, Copolymere mit Vinylethern, Cellulose, Polyfluorethylen, Polyvinylalkohol und Polyvinylpyridin sowie deren Derivate.

Als Lösungsmittel dienen prinzipiell alle, die Polymere lösenden, Lösungsmittel, bevorzugt nichtwässrige Lösungsmittel. Geeignete Lösungsmittel sind z. B. Methylenchlorid, Ethylenchlorid, Chloroform, Tetrachlorethan, Tetrahydrofuran, Dioxan, Acetophenon, Cyclohexanon, γ -Butyrolacton, Dimethylformamid, Dimethylacetamid, N-Methylpyrrolidon und Carbonate.

Um sicherzustellen, daß das Polymer in der Lösung von

der Oberfläche der Pulverpartikel adsorbiert wird, wird die Suspension eine Zeitlang, vorzugsweise zwischen 1–10 Stunden, bei einer Temperatur von 10–100°C gerührt. Anschließend wird die Lösung entfernt und das erhaltene Pulver getrocknet (Verdampfen des Lösungsmittels).

Die Beschichtung der Partikel kann ein- oder mehrfach durchgeführt werden. Dabei kann, falls gewünscht, die erste Beschichtung mit einem Polymer und die nächste Beschichtung mit einem anderen Polymer erfolgen.

Die nachfolgenden Beispiele sollen die Erfindung näher erläutern, ohne sie jedoch zu beschränken.

Beispiele

Beispiel 1

Verfahren zur Beschichtung von Kathodenmaterialien mit Polymeren

50 ml NMP werden in einen 100 ml Rundkolben gegeben. Anschließend werden 1 g Matrimid5218® zugegeben und unter Rühren gelöst. Dann werden 10 g Lithium-Mangan-Spinell, SP30 Selectipur® der Firma Merck, zugegeben. Die entstehende Suspension wird ca. 1,5 Stunden bei Raumtemperatur gerührt. Die Suspension wird über einen Weißbandfilter abgesaugt und im Trockenschrank bei Temperaturen von 60°–150°C zur Massenkonzanz getrocknet.

Beispiel 2

Zyklisieren bei hohen Temperaturen

Das nach Beispiel 1 hergestellte, beschichtete Kathodenpulver, und als Vergleich ein unbeschichtetes Material SP30 Selectipur® von Merck, werden bei 60°C zyklisiert.

Zur Elektrodenherstellung wird das Kathodenpulver mit 15% Leitruß und 5% PVDF (Bindermaterial) und NMP gut vermischt. Die so hergestellte Paste wird auf ein VA-Stahl-Netz, welches als Stromableiter dient, aufgetragen und über Nacht bei 175°C unter Argonatmosphäre und vermindertem Druck getrocknet. Die getrocknete Elektrode wird in der mit Argon gespülten Glove-Box eingeschleust und die Meßzelle eingebaut. Als Gegen- und Referenzelektrode dient Lithiummetall. Als Elektrolyt wird LP 30 Selectipur® von Merck verwendet (1 M LiPF₆ in EC : EMC 50 : 50 Gew.-%). Die Meßzelle mit den Elektroden und dem Elektrolyt wird in einen Stahlbehälter gestellt, der gasdicht verschlossen wird. Die so hergestellte Zelle wird aus der Glove-Box ausgeschleust und in einen Klimaschrank gestellt, der auf 60°C eingestellt wird. Nach Anschluß der Meßzelle an einen Potentiostaten/Galvanostaten wird die Elektrode gezykelt (Laden: 5 Stunden, Entladen: 5 Stunden).

Das Ergebnis ist, daß die Zyklenstabilität des unbeschichteten Spinells geringer als die des beschichteten ist.

In den ersten 5 Zyklen laufen irreversible Reaktionen wie zum Beispiel Filmbildung auf Kathode und Anode ab, so daß sie für die Berechnung nicht herangezogen werden. Der Kapazitätsverlust pro Zyklus des unbeschichteten Spinells ist dann 0,78 mAh/g, während des Polymer-beschichteten Spinell nur 0,55 mAh/g pro Zyklus verliert. Der Kapazitätsverlust pro Zyklus reduziert sich um etwa ein Drittel. Dies zeigt, daß die Hochtemperaturzyklenstabilität der Kathodenpulver durch Beschichtung mit Polymeren deutlich verbessert ist.

Patentansprüche

1. Lithium-Mischoxid-Partikel, dadurch gekenn-

zeichnet, daß diese mit einem oder mehreren Polymeren beschichtet sind.

2. Lithium-Mischoxid-Partikel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Partikel aus der Gruppe Li(MnMe₂)₂O₄, Li(CoMe₂)O₂, Li(Ni_{1-x}Co_xMe₂)O₂ und andere Lithium-Interkalations- und Insertions-Verbindungen ausgewählt sind.

3. Lithium-Mischoxid-Partikel nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Polymere Säure stabil, elektrochemisch stabil, polar, möglichst basisch, zumindest neutral und/oder aprotisch sind.

4. Lithium-Mischoxid-Partikel nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Schichtdicken der Polymere 0,01–50 µm betragen.

5. Lithium-Mischoxid-Partikel nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Schichtdicken der Polymere 0,05–3 µm betragen.

6. Kathoden, im wesentlichen Lithium-Mischoxid-Partikel nach einem der Ansprüche 1 bis 5 und übliche Träger- und Hilfsstoffe enthaltend.

7. Verfahren zur Herstellung von mit einem oder mehreren Polymeren beschichteten Lithium-Mischoxid-Partikeln, dadurch gekennzeichnet, daß die Partikel in einem Lösungsmittel suspendiert werden und danach die beschichteten Partikel abfiltriert, getrocknet und gegebenenfalls calciniert werden.

8. Verfahren zur Herstellung von mit einem oder mehreren Polymeren beschichteten Lithium-Mischoxid-Partikeln, dadurch gekennzeichnet, daß die Polymere aus der Gruppe der Polyimide, Polyaniline, Polypyrrole, Polythiophene, Polyacetylene, Polyacrylnitrile, carbonisierten Polyacrylnitrile, Poly-p-phenylene, Polyphenylvinylene, Polyquinoline, Polyquinoxaline, Polyphtalocyaninsiloxane, Polyvinylidenfluoride, Polytetrafluorethylene, Polyethylmetacrylate, Polymethylmetacrylate, Polyamide, Copolymeren mit Vinylthern, Cellulose, Polyfluorethylene, Polyvinylalkohole und Polyvinylpyridine sowie deren Derivate ausgewählt sind.

9. Verfahren zur Herstellung von mit einem oder mehreren Polymeren beschichteten Lithium-Mischoxid-Partikeln, dadurch gekennzeichnet, daß das Polymer 5-(6)-Amino-1-(4'-aminophenyl)-1,3-trimethylindan ist.

10. Verfahren zur Herstellung von mit einem oder mehreren Polymeren beschichteten Lithium-Mischoxid-Partikeln, dadurch gekennzeichnet, daß die Lösungsmittel Methylenchlorid, Ethylenchlorid, Chloroform, Tetrachlorethan, Tetrahydrofuran, Dioxan, Acetophenon, Cyclohexanon, γ-Butyrolacton, Dimethylformamid, Dimethylacetamid, N-Methylpyrrolidon und/oder Carbonate sind.

11. Verwendung von beschichteten Lithium-Mischoxid-Partikeln nach einem der Ansprüche 1 bis 5 zur Herstellung von Kathoden mit verbesserter Lagerfähigkeit und Zyklenfestigkeit insbesondere bei Temperaturen oberhalb der Raumtemperatur.

12. Verwendung von beschichteten Lithium-Mischoxid-Partikeln nach einem der Ansprüche 1 bis 5 zur Herstellung von 3 V- und 4 V-Kathoden.

13. Verwendung von beschichteten Lithium-Mischoxid-Partikeln nach einem der Ansprüche 1 bis 4 in Elektroden für elektrochemische Zellen, Superkondensatoren, Batterien und sekundäre Lithiumbatterien.